

# **TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

## **Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií**

Studijní program: M2612 - Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 3906T001 - Mechatronika

### **Webové aplikace v geoinformatickém modelování**

### **Web applications in geoinformatic modelling**

### **Diplomová práce**

Autor: **Václav Šulc**

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Blanka Malá PhD.

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

## Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Ústav

NTI

Akademický rok: 2007/08

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: **Václav ŠULC**

studijní program: M 2612 - Elektrotechnika a informatika

studijní obor: 3906T001 - Mechatronika

Vedoucí ústavu Vám ve smyslu zákona o vysokých školách č.111/1998 Sb. určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Webové aplikace v geoinformatickém modelování**

Zásady pro vypracování:

1. Studium současného stavu řešení dané problematiky, technologie, metody, seznámení se základy geoinformatického modelování a s GIS.
2. Nástin možných řešení webových aplikací v geoinformatickém modelování, možnosti využití dostupných technologií, zhodnocení výhod, nevýhod využití.
3. Teoretické a praktické řešení aplikace pro vybranou geoinformatickou úlohu, postup řešení s využitím konkrétních technologií a nástrojů
4. Verifikace řešení na konkrétních datech, závěry, shrnutí přínosu práce

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace

Rozsah průvodní zprávy: cca 40 až 50 stran

Seznam odborné literatury:

- [1] Streit, U. Introduction to Geoinformatics, Institute for Geoinformatics of the University of Muenster, Germany
- [2] Tuček, J. 1998. GIS: principy a praxe. Praha, Computer Press.
- [3] GRASS GIS [<http://grass.itc.it>]
- [4] Hálková Malá, B. 2003. Dynamic Geoinformatic Models. Acta Universitatis Carolinae - Geographica 38 (1): 79 – 86
- [5] Hálková Malá, B. 2003. Geoinformatické modely a jejich vizualizace. Poster. 5th Czech - Slovak - Polish Conference. European Integration and Regional Development. Prachatice.
- [6] Internetové zdroje a časopisecké články k problematice

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Blanka Malá, Ph.D.

Konzultant:

Zadání diplomové práce:

Termín odevzdání diplomové práce:

**16. 5. 2008**

L.S.

.....

Vedoucí ústavu

.....

Děkan

# Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom(a) toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

## **Poděkování**

Děkuji především vedoucí diplomové práce RNDr. Blance Malé, Ph.D. za to, že mi umožnila pracovat ve velmi zajímavé oblasti technických věd, a také za odborné názory a cenné rady k práci samé.

Velký dík též patří mým rodičům a celé rodině za jejich podporu jak finanční, tak morální po celou dobu mého studia.



## **Anotace**

Tato diplomová práce se zabývá problematikou geoinformatiky s důrazem na oblast geografických informačních systémů, mapových serverů a dostupných technologií pro tvorbu webových aplikací v geoinformatickém modelování. Popsané technologie pak byly využity při tvorbě vlastní aplikace, která demonstruje jednoduchý mapový server se základními funkcemi pro práci s geodaty. Cílem práce bylo dokázat, že při použití nekomerčního softwaru lze dosáhnout požadovaných výsledků v dané oblasti využití. V závěru jsou pak zhodnoceny možnosti využití této a podobných aplikací s případnými návrhy na zdokonalení.

## **Anotation**

This thesis deals with problems in geoinformatics with emphasis on the area of geographical information system, map servers and accessible technologies for web application development in geoinformatic modelling. Described technologies were then used for the an actual application development, which demonstrates simple map server with basic functions to work with geodatas. Aim of this thesis was to prove, that while using noncommercial software, it is possible to achieve desired results in given areas of usage. Possible usage of this and similar application with relevant suggestions for improvement is then reviewed at the conclusion.

Poděkování.....	5
Seznam použitých zkratk.....	10
Seznam obrázků.....	11
Seznam příkladů a tabulek.....	11
Úvod.....	12
Cíl práce.....	13
<b>1 Geografické informační systémy.....</b>	<b>14</b>
1.1 Geoinformatika.....	14
1.2 Co jsou to systémy GIS.....	14
1.3 Princip systémů GIS.....	15
1.4 Historie systémů GIS.....	16
1.5 Využití systémů GIS.....	17
1.6 Datové modely v systémech GIS.....	17
1.6.1 Rastrový model.....	18
1.6.2 Vektorový model.....	19
1.6.3 Objektově orientovaný model.....	21
1.7 Datové formáty.....	22
1.7.1 Formát VRML.....	23
1.7.2 Formát GML.....	23
1.8 Systémy GIS používané v současné době.....	24
1.9 Mapové servery.....	25
2 Webové technologie v geoinformatice.....	26
2.1 Úvod do webových technologií.....	26
2.2 Dynamické a statické webové stránky a aplikace.....	27
2.2.1 Statické webové stránky a aplikace.....	27
2.2.2 Dynamické webové stránky a aplikace.....	28
2.3 Programovací jazyky a technologie používané v geoinformatice.....	29
2.3.1 HTML, XHTML a CSS.....	29
2.3.2 Python.....	30
2.3.3 Perl.....	31
2.3.4 PHP.....	31
2.3.5 ASP.....	32
2.3.6 Ruby.....	32
2.3.7 Java.....	33
2.3.8 JavaScript.....	34
2.3.9 AJAX.....	34
<b>3 Geoinformační úloha v praxi.....</b>	<b>36</b>
3.1 Úvod.....	36
3.2 Přehled dostupných nekomerčních mapových serverů.....	36



3.2.1 GeoServer.....	36
3.2.2 MapGuide open source.....	37
3.2.3 UMN Mapserver.....	37
3.3 Volba vhodného mapového serveru .....	37
3.4 Použité technologie.....	38
3.4.1 Webový server.....	38
3.4.2 Programovací jazyk.....	38
3.4.3 Další webové technologie.....	39
3.4.4 Prostředí pro tvorbu aplikace.....	39
3.4.5 GIS aplikace.....	39
3.4.6 Další technologie.....	39
3.5 Realizace vlastní aplikace.....	39
3.5.1 Cíle vlastní aplikace.....	40
3.5.2 Instalace.....	40
3.5.3 Součásti Mapserveru.....	41
3.5.4 Vytvoření map souboru (mapfile) .....	43
3.5.5 Tvorba PHP souboru.....	47
3.5.6 Tvorba šablony (inicializační stránky).....	48
3.5.7 Popis aplikace.....	48
.....	49
Závěr.....	50
Zdroje informací:.....	52

AJAX	Asynchronous JavaScript and XML
ASP	Active Server Pages
CAD	Computer Aided Design
CGI	Common Gateway Interface
CGIS	Canadian Geographic Information System
CSS	Cascading Style Sheets
DBMS	DataBase Management System
DGN	DesiGN
DHTML	Dynamic HyperText Markup Language
DOM	Document Object Model
DWG	DraWinG
DXB	Drawing Binary Interchange File Format
DXF	Drawing Interchange File Format
EPSG	European Petroleum Survey Group
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GDAL	Geospatial Data Abstraction Library
GIF	Graphical Interchange File Format
GIS	Geographic Information System
GML	Geography Markup Language
GRASS	Geographic Resources Analysis Support System
GUI	Graphical User Interface
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
JPEG	Joint Photographic Experts Group
JS	JavaScript
JScrip	JavaScript
KML	Keyhole Markup Language
KMZ	Zipped KML
MrSID	MultiResolution Seamless Image Database
MS4W	MapServer for Windows
MVC	Model-View-Controller
MySQL	My Structured Query Language
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OGR	OpenGIS Simple Features Reference Implementation
PDF	Portable Document Format
PHP	PHP: Hypertext Preprocessor
PNG	Portable Network Graphics
QGIS	Quantum GIS
RGB	Red Green Blue
SHP	Shape File
SQL	Structured Query Language
SVG	Scalable Vector Graphics
UMN	University of Minnesota
VBScript	Visual Basic Script
VRML	Virtual Reality Modeling Language
TIFF	Tag Image File Format
W3C	World Wide Web Consortium
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
www	World Wide Web
X3D	eXtensible 3D file format for VMRL
XML	Extensible Markup Language
XHTML	Extensible HyperText Markup Language

## Seznam použitých zkratek

## Seznam obrázků

Obr. 1 – Použití různých režimů zobrazení v geoinformaticce.....	15
.....	16
Obr. 2 – Princip systému GIS.....	16
Obr. 3 - Mapa epidemie cholery z roku 854.....	17
.....	18
Obr. 4 – Použití vrstev.....	18
Obr. 5 – Ukázka rastrového modelu (hodnoty v jednotlivých buňkách jsou nadm. výška v km).....	19
.....	20
Obr. 6 – Bod, line a polygon.....	20
Obr. 7 – Porovnání rastrového a vektorového modelu.....	20
Obr. 8 – Obecné schéma mapového serveru.....	25
.....	27
Obr. 9 – srovnání „Web 1.0“ a „Web 2.0“.....	27
.....	28
Obr. 10 – princip klientského skriptu (dynamika na straně klienta).....	28
Obr. 11 – princip serverového skriptu (dynamika na straně klienta).....	29
Obr. 12 – našeptávač na Seznamu.....	35
Obr. 13 – Schéma UMN Mapserveru.....	41
Obr. 14 – Úvodní stránka informačního portálu.....	48
Obr. 15 – Okno vlastní aplikace.....	49

## Seznam příkladů a tabulek

Př. 1 – Definice koule ve formátu VRML.....	24
Př. 2 – Definice bodu ve formátu GML.....	24
Př. 3 – Ukázka hlavní struktury mapfile.....	44
Př. 4 – Příklad použití objektu WEB.....	45
Př. 5 – Příklad použití objektu PROJECTION u Křovákova zobrazení.....	45

<b>Př. 6</b> – Příklad použití objektu REFERENCE.....	5
<b>Př. 7</b> – Příklad použití objektu SCALEBAR.....	46
<b>Př. 8</b> – Příklad použití objektu LEGEND.....	47
<b>Př. 9</b> – Příklad použití objektu LAYER a CLASS.....	47
<b>Tab. 1</b> – Rozšíření webových serverů - duben 2008.....	39

## Úvod

Během 20. století a v probíhajícím 21. století postupuje technologický pokrok kupředu velmi rychle. Je tedy logické, že většina vědních oborů využívá nových technologických postupů, které možnosti těchto vědních oborů zvyšují, případně práci s nimi zefektivňují. To je i případ geoinformatiky.

Během desítek let průzkumných činností se v archivech těžebních, výzkumných, stavebních a vojenských organizací nahromadilo množství písemných a grafických dokumentů, obsahující geografické informace. Tyto tradiční formy shromažďování informací byly používány již od starověku. S postupem času docházelo k modernizaci měřicích zařízení a těchto informací ještě přibývalo. Metody shromažďování geografických informací se stávaly nepraktickými a neumožňovaly s těmito informacemi efektivně a rychle pracovat. Změnu přinesla až éra informačních technologií, kdy začaly počítače zasahovat do většiny lidských činností. V této době se objevila nová vědní disciplína, informatika. Netrvalo to dlouho a spojením geografie a informatiky vznikla úplně nová vědní disciplína – geoinformatika. Díky ní byla většina materiálů z archivů převedena do digitální podoby a umožnila tak vznik softwarovým aplikacím, jež s těmito nově uloženými informacemi uměly efektivně pracovat. Vznikly tedy první geografické informační systémy.

Z počátků sloužila geoinformatika pouze úzké skupině lidí, většinou takto profesně zaměřených. Postupem času se tyto prostředky pro práci s geodaty stávaly dostupnějšími.

V dnešní době rozmachu Internetu jsou aplikace, které pracují s geodaty a umožňují jejich sdílení, geografické informační systémy a mapové servery dostupné široké veřejnosti. Zejména mapové servery se těší velké oblibě. Ve většině případů totiž poskytují srovnatelné funkce jako geografické informační systémy, přičemž není nutná jejich instalace. Případné chybějící funkce jsou postupem času doplněny. Nabídka je opravdu široká, to jak v komerční, tak i nekomerční oblasti. V mnoha případech lze nahradit komerční aplikace nekomerčními, při zachování podobné funkčnosti.

Geoinformatika je v současné době součástí každého průmyslového odvětví, a i když si to třeba neuvědomujeme, hraje důležitou roli v našem každodenním životě.

## **Cíl práce**

Cílem této práce je ukázat, že v oblasti prezentace, sdílení a publikování dat na Internetu lze komerční produkty nahradit produkty nekomerčními. Proto bude vytvořena jednoduchá webová aplikace využívající mapového serveru. Výchozím bodem práce bude rešerše současného stavu softwarů v oblasti geoinformatiky a možnosti dostupných technologií pro tvorbu webových aplikací. Hlavním kritériem pro výběr vhodného mapového serveru a vhodných technologií, je využití nekomerčních prostředků. Vlastní aplikace by měla umožňovat základní operace s daty (přepínání vrstev, zoom, měřítko, legenda). Důležitou součástí práce jsou i možnosti zdokonalení vlastní aplikace a možnosti využití obdobných aplikací v různých oblastech zaměření.

# **1 Geografické informační systémy**

## **1.1 Geoinformatika**

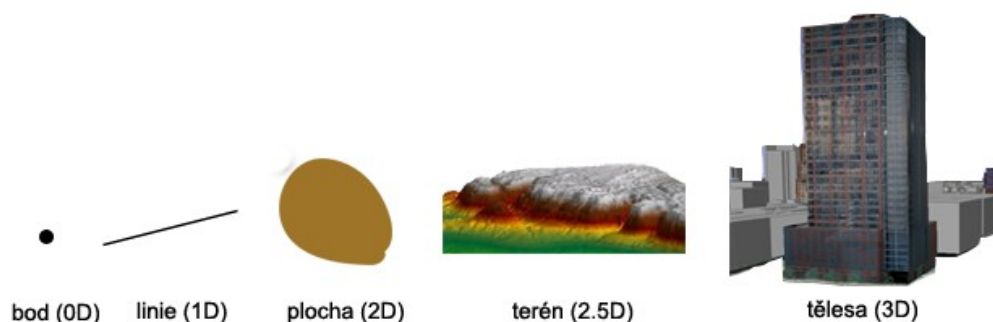
Pro správné pochopení tematiky geografických informačních systémů je důležité vysvětlit si vědní disciplínu, ze které systémy GIS vycházejí. Jak je již z názvu patrné jedná se o spojení dvou vědních disciplín, geografie a informatiky. Geografie se zabývá studii jevů souvisejících se Zemí, informatika se zabývá technologií počítačů (hardware i software). Data, která jsou předmětem zkoumání geografie pak souvisí s jejich umístěním na zemském povrchu, odtud jejich název geodata. Geoinformatika je tedy vědní disciplína, která se zabývá získáváním, ukládáním, zpracováním, analýzou, interpretací a vizualizací geodat a geoinformací.

## **1.2 Co jsou to systémy GIS**

Systémy GIS neboli geografické informační systémy jsou počítačové informační systémy, které obecně slouží k získávání, ukládání, třídění, úpravě, analýze a následné vizualizaci geodat. Geodata jsou specifická tím, že jsou lokalizovaná přesnou polohou na zemském povrchu..

Geografické souřadnice umožňují rozlišit každé místo na Zemi pomocí dvou souřadnic, zeměpisné délky a zeměpisné šířky. Zeměpisná délka je charakterizována poledníky a konkrétní hodnota udává úhlovou vzdálenost od nultého poledníku. Zeměpisná šířka je charakterizována rovnoběžkami a konkrétní hodnota udává vzdálenost od rovníku. Obě veličiny mají stejné jednotky, stupně. Místo rozlišení kladných a záporných hodnot se používá označení „severní šířka“ resp. „jižní šířka“ pro severní a jižní polokouli a „východní délka“ resp. „západní délka“ pro východní a západní polokouli.

Prostorové souřadnice jsou definovány stejně jako geografické souřadnice pomocí zeměpisné délky a zeměpisné šířky. Obsahují však navíc jednu souřadnici, nadmořskou výšku. Díky nadmořské výšce získávají informace třetí rozměr. Toho se využívá např. u tvorby 3D map. V systémech GIS se používají nejen zeměpisné souřadnice – šířka, délka, ale častěji rovinné souřadnice daného kartografického zobrazení – x,y.



**Obr. 1** – Použití různých režimů zobrazení v geoinformaticce

Definice systémů GIS, uvedená výše, může svádět k názoru, že geografické informační systémy jsou ve skutečnosti pouze různými druhy map. Názor to zcela jistě není nesprávný, GIS však nabízí mnohem více, než nám mohou klasické mapy z atlasu světa nabídnout. Samozřejmě dokáží zachytit povrch Země, podobně jako atlas, nicméně díky tomu, že obsahují o každém objektu mnoho informací a jsou schopny s těmito informacemi provádět různé operace, je možné zadávat v GISu různé dotazy. Jako příklad může sloužit situace středně velké firmy, která se zajímá o stavbu pobočky ve městě. Umístění pobočky je limitováno dostupnými financemi. Cena pozemku klesá směrem od centra města. S pomocí GISu je tedy možné zadat dotaz na vyhledání dostupných pozemků, jejichž koupi si firma může dovolit. Výsledkem bude mapa města se zvýrazněnými oblastmi, které by přicházely v úvahu. Podobných možností využití systému GIS je opravdu mnoho. V kapitole 1.5 bude využití systémů GIS probráno podrobněji.

### 1.3 Princip systémů GIS

Technologie systémů GIS je založena na třech základních modulech, které spolu vzájemně komunikují. Jedná se o obecný model.

*Základní moduly systémů GIS:*

- **Databázový modul** neboli **DBMS** (database management system) je řídicím systémem GIS. Obsahuje všechna dostupná geodata o jednotlivých objektech. S těmito daty pak provádí veškeré operace (ukládání, třídění, analyzování, vyhledávání, různé matematické a statistické funkce).
- **Vizualizace.** Jejím úkolem je na základě pokynů uživatele a následných výsledků z DBMS zobrazit informace vizuálního formátu (mapy). Obsahuje také rozhraní potřebné k editaci a jiným úpravám map.

- **Internet** nebo **intranet** je základním prostředkem pro využívání a následné šíření geodat mezi uživateli.

Vizualizací se GIS liší od prostého databázového systému (např. Oracle), databázovými funkcemi se zase liší od grafických softwarů typu CAD).



Obr. 2 – Princip systému GIS

## 1.4 Historie systémů GIS

První zmínka o základním principu systémů GIS - zobrazení objektu a informací k němu vztahených, pochází z Francie, kde před 35000 lety kromaňonští lovci vyobrazili na zdech jeskyně Lascaux migrační cesty lovené zvěře.

V roce 1854 pak John Snow zaznamenal vypuknutí epidemie cholery v Londýně. Pomocí bodů zobrazil případy nakažených jedinců do mapy. Díky jeho studii šíření cholery se podařilo zjistit zdroj nákazy - kontaminovanou studnu v ohnisku epidemie. Poprvé se tak v oblasti kartografie využilo spojení prvků na mapě s následnou analýzou.





První pravý funkční systém GIS byl uveden do provozu v roce 1962 v Kanadě, ve městě Ottawa, ministerstvem zemědělství a lesního hospodářství. Jmenoval se CGIS (Canada geographic information system) a jeho úkolem bylo pracovat s daty (např. druhy půd, zalesnění, vodní zdroje aj) a následně určit vhodnost krajiny pro zemědělství.

## 1.5 Využití systémů GIS

Díky ohromnému množství informací, které systémy GIS mohou obsahovat, je jejich využití opravdu široké – počínaje kartografií, přes kontroly změn krajiny, komerčním využitím konče. S nadsázkou lze říci, že každý se zájmem o zeměpis či o informační technologie, si pro systémy GIS najde nějaké využití.

*Obecně lze využití systémů GIS charakterizovat takto:*

- databázový systém obsahující spoustu informací
- tvorba analýz, prognóz a modelů různých situací
- kartografie - tvorba map a družicových snímků



*Oblasti využití systémů GIS:*

- zemědělství (výnosnost krajiny, kvalita půdy...)
- životní prostředí (stupně znečištění, stupeň zalesnění krajiny...)
- komerční oblast (sítě obchodů, prodejnost, nákupní síla...)
- průmysl (vytěžitelnost, mapa nerostů a surovin...)
- doprava (mapy silnic, zatížení silnic...)
- inženýrské sítě (rozvody vody, tepla, elektřiny a plynu, telekomunikace...)
- demografie (hustota zalidnění, rozložení obyvatelstva...)
- vojenství (interaktivní a 3D mapy...)

## 1.6 Datové modely v systémech GIS

Datový model je logický model dat, tedy způsob jakým budou data ukládána do databázového systému (DBMS). Datové modely musí splňovat kritérium dlouhé životnosti, počítá se s minimální životností 50 let. Důvod je prostý, takto stará data se zpětně analyzují a lze tak posuzovat dlouhodobé změny v dané oblasti, a na základě těchto analýz vytvořit i

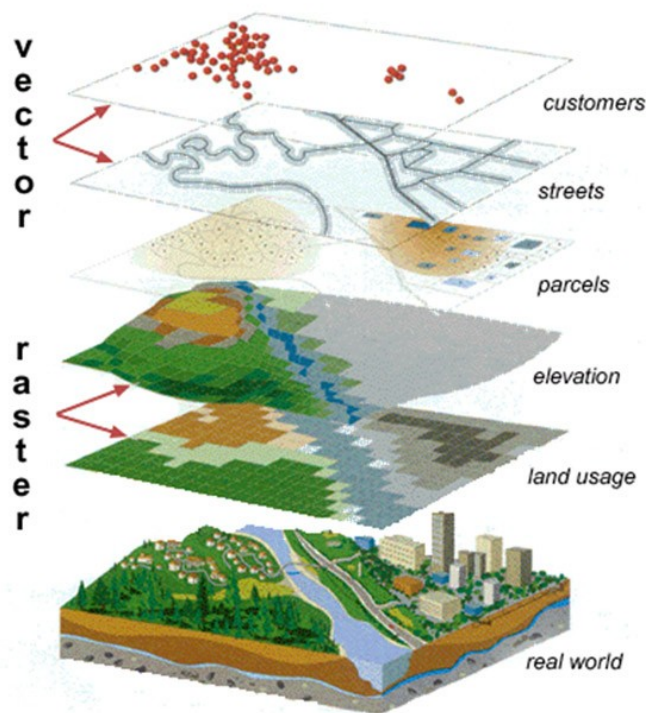
prognózu do budoucnosti. Je logické, že čím starší data budou k dispozici, tím přesnější pak prognóza bude. Existují tři druhy datových modelů, každý má svoje výhody a nevýhody.

*Druhy datových modelů:*

- rastrový model
- vektorový model
- objektově orientovaný model

## Mapová vrstva

Je zřejmé, že díky různorodosti geoobjektů a k nim se vztahujících geoinformací je nejvýhodnější rozdělit tato data do tematicky shodných částí, tzv. mapových vrstev. Vznikne tedy mapová vrstva např. pro vodstvo nebo nadmořskou výšku. Každá mapová vrstva je pak uložena v jednom datovém souboru. Díky rozdělení na mapové vrstvy dochází k zjednodušení a urychlení analýz. Tyto vrstvy je možné přes sebe libovolně skládat zobrazit tak více vrstev najednou.



**Obr. 4** – Použití vrstev

### 1.6.1 Rastrový model

Rastrový model je ve většině případů tvořen pravidelnou rovinnou čtvercovou sítí. Jednotlivé dílky se nazývají buňky a jsou nejmenší, dále již nedělitelnou částí rastru. V případě

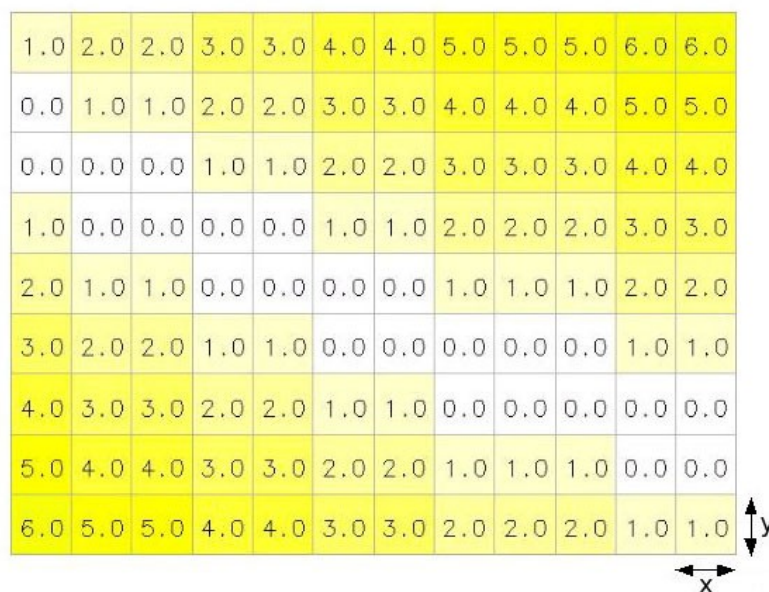
potřeby lze čtvercovou síť nahradit sítí trojúhelníkovou. Prostorové vztahy mezi buňkami jsou v rastru obsaženy implicitně. V dnešní době existuje řada kompresních metod, což snižuje paměťovou náročnost a zrychluje zpracování.

*Výhody:*

- jednoduchá datová struktura => snadné provádění některých operací (obzvláště mezi překrývajícími se vrstvami)
- prostorové vztahy mezi buňkami obsaženy implicitně
- vhodné pro modelování a simulace

*Nevýhody:*

- nemožnost libovolného zvětšování obrazu (omezeno velikostí rastru)
- horší kvalita kartografického výstupu
- objem roste s přesností rozlišení (rastru)



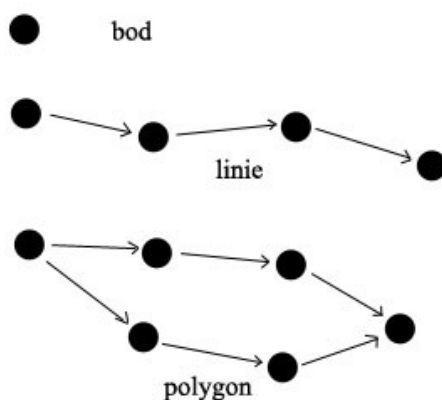
**Obr. 5** – Ukázka rastrového modelu (hodnoty v jednotlivých buňkách jsou nadm. výška v km)

## 1.6.2 Vektorový model

Vektorový model, na rozdíl od rastrového, používá pro ukládání informací přesnou polohu zpracovávaného objektu. K popisu složitějších objektů využívá bodu, linie nebo polygonu. K reprezentaci různých geografických objektů existuje více druhů vektorových modelů, které se liší složitostí struktury a v možnostech využívání topologických vztahů.

Topologické vztahy jsou matematické způsoby pro explicitní vyjádření vztahů mezi jednotlivými geometrickými objekty modelu. A to je právě zásadní rozdíl mezi vektorovým a

rastrovým modelem. U vektorového modelu totiž nejsou vztahy mezi jednotlivými prvky modelu implicitně dány, jako tomu bylo u modelu rastrového.



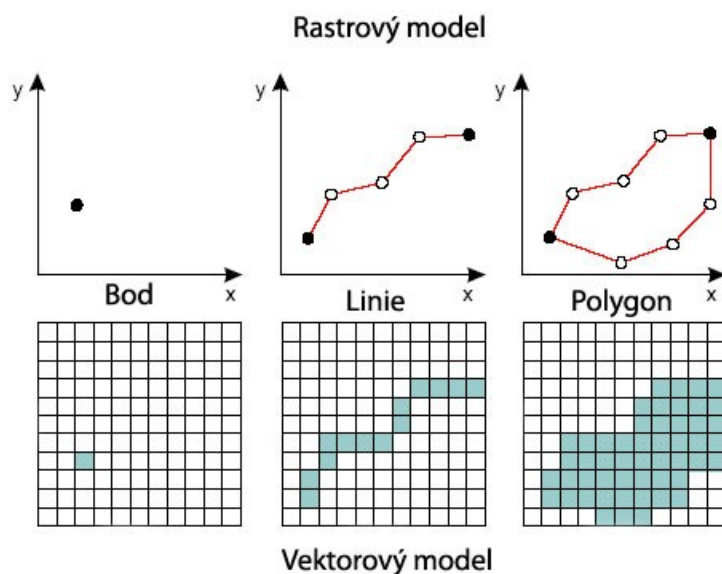
**Obr. 6** – Bod, line a polygon

*Výhody:*

- větší přesnost
- transformace dat (otáčení, zvětšení či zmenšení měřítka) bez ztráty přesnosti
- vhodné pro kartografické výstupy
- relativně malý objem uložených údajů

*Nevýhody:*

- složitější datová struktura datová
- obtížnější operace s vrstvami
- nevhodnost pro modelování a simulace



**Obr. 7** – Porovnání rastrového a vektorového modelu

Jak již bylo zmíněno, existuje více druhů vektorových modelů.

### **Špagetový model**

Tento model je nejjednodušší. Každý objekt je charakterizován jedním záznamem v souboru a je definovaný dvěma souřadnicemi  $x$  a  $y$ . Nevýhodou tohoto modelu je, že neposkytuje informace o vztazích mezi objekty. Veškeré prostorové vztahy tak musí být spočítány před každou analýzou.

### **Topologický model**

Oproti špagetovému modelu uchovává topologický model prostorové vztahy mezi objekty. Prostorové vztahy si zachovává díky tomu, že každá linie začíná a končí v bodě – uzlu. Linie je uložena s odkazem na tyto uzly. Souřadnice uzlů jsou pak uloženy jako soubor souřadnic  $x$  a  $y$ . I když je v tomto ohledu topologický model lepší než špagetový, oba dva mají nevýhodu, neuspořádanost jednotlivých záznamů.

### **Hierarchický model**

Oproti dvěma předchozím modelům hierarchický model odstraňuje problémy při hledání jednotlivých objektů. Ukládá si totiž odkazy mezi jednotlivými druhy objektů (polygony, linie, body).

## **1.6.3 Objektově orientovaný model**

Objektově orientovaný model je nejnovějším ze všech tří modelů. Objevil se teprve s příchodem objektově orientovaného programování. Hlavním rozdílem oproti rastrovému či vektorovému modelu je to, že nereprezentuje reálné objekty jako data umístěná v řádcích a sloupcích ale pracuje s nimi jako s objekty, které je popisují prostorově, tématicky, časově, vztahově i funkčně. Tento způsob pak umožňuje uživateli definovat svoje nové objekty reprezentující různé typy skutečných objektů (řeky, silnice, hory...).

*Výhody:*

- podobnost objektům modelu reálným objektům => nejpřesnější popis
- každý objekt obsahuje všechny popisné informace na jednom místě

*Nevýhody:*

- málo rozšířené
- malá podpora ze strany výrobců software

## 1.7 Datové formáty

V současné době je používáno v oblasti systémů GIS mnoho různých datových formátů. Téměř každý výrobce komerčního softwaru se snaží prosadit svůj vlastní datový formát. Nastává tedy problém s kompatibilitou a převody mezi těmito formáty.

Datové formáty, podobně jako datové modely, lze rozdělit na vektorové a rastrové. U rastrů není složité provádět převody mezi jednotlivými formáty. Naproti tomu převody mezi vektorovými formáty všech výrobců nejsou jednoduché, proto je v poslední době snaha o vytvoření standardizovaného formátu. Takovým standardem pro vektorová data by se mohl stát formát SVG (scalable vector graphics), který však bohužel zatím nemá příliš velkou podporu v internetových prohlížečích. Formát SVG je založen na jazyku XML, jehož hlavní devizou je přenositelnost mezi různými systémy.

### *Rastrové formáty:*

Základem rastrových formátů je matice pixelů s informacemi o jejich barvě. Soubor, v němž je obraz uložen, se skládá z hlavičky, která je nutná pro identifikaci a obsahuje informace o uloženém obrazu (pozice, rozměry, poměry stran, počet pixelů na řádek), z palety barev a samotných pixelů a informací o jejich barvě.

- TIFF - umožňuje vícestránkové soubory
- JPEG - ztrátová komprese pro fotografie; nejrozšířenější formát
- GIF - bezztrátová komprese (barevná hloubka 8 bitů => 256 barev)
- PNG - bezztrátová komprese; náhrada formátu GIF (barevná hloubka 24 bitů)

Rastrová data jsou používána nejčastěji pro práci se starými mapami, které jsou zakresleny na papíře. Mapy se naskenují a ukládají většinou do formátu TIFF. Nejvhodnějšími formáty pro publikaci geodat na Internetu jsou JPEG (pro fotografie) nebo PNG.

### *Vektorové formáty:*

Základ vektorových formátů tvoří geometrické útvary (nejčastěji úsečky, dále pak křivky nebo oblouky) se svými parametry (tloušťka, barva aj.), které lze analyticky popsat.

- SHP - ArcGIS
- DGN - MicroStation

- VRML - popis trojrozměrných objektů
- GML - ukládání geodat do formátu XML
- DXF - AutoCAD – textový soubor (určen pro přenos mezi různými aplikacemi)
- DXB - AutoCAD – binární soubor (určen pro přenos mezi různými aplikacemi)
- DWG - nativní formát pro AutoCAD

Vektorové formáty nacházejí využití hlavně v oblasti 2D grafiky a v prostředí aplikací typu CAD.

### 1.7.1 Formát VRML

Formát VRML (virtual reality modeling language) byl navržen jako zdokonalení formátu XML se zaměřením na práci 3D objekty přes Internet. 3D objekty jsou v tomto formátu popsány pomocí seznamu souřadnic vrcholů a plochami specifikovanými indexy svých vrcholů do seznamu vrcholů. Tento způsob popisu je poměrně úsporný. Každý dokument ve formátu VRML je formátován podobně jako dokument HTML, obsahují však popis 3D objektů a jejich vzájemné vztahy.

```
Shape {
  geometry Sphere {
    radius 2
  }
}
```

**Př. 1** – definice koule ve formátu VRML

Z této ukázky je zřejmé, že se jedná o kouli s poloměrem 2. Na první pohled je vidět, že se jedná o základní definici koule, kde chybí ostatní parametry. Prohlížeč zobrazí všechny ostatní nedefinované parametry (pozice, vzhled, osvětlení) jako výchozí. Pro práci s barvami používá formát VRML RGB model

### 1.7.2 Formát GML

Formát GML (geographic markup language) vychází z formátu XML a je určen k práci s geodaty za použití Internetu. Hlavní uplatnění tedy nalezne v mapových serverech. Jeho hlavní výhodou je podobně jako u XML relativně snadná přenositelnost a převod do jiných formátů (např. SVG nebo X3D)

<gml:Point>

```
<gml:coordinates>10,10</gml:coordinates>  
</gml:Point>
```

**Př. 2** – definice bodu ve formátu GML

## 1.8 Systémy GIS používané v současné době

V současné době, díky technologickému pokroku v oboru informatiky, geografie a dalších odvětví, se systémy GIS stávají čím dál více oblíbenějším. Kromě zřejmého komerčního využití, je nasnadě také možnost jednotlivce využít služeb některého ze systémů GIS. Ne každý si však může dovolit zaplatit za komerční software, proto existují i mnohé open source systémy GIS. Je zřejmé, že většina z nich nemůže konkurovat svým protějškům vyvíjených velkými firmami, schopnými zaměstnávat nejlepší odborníky v oboru. Ale i některé počiny od zapálených tvůrců open source systémů GIS se snaží svými funkcemi komerčním programům přiblížit.

*Základní dělení systémů GIS:*

- komerční software
  - **ArcGIS** od společnosti ESRI
  - **MapGuide** od společnosti Autodesk
  - **Geomedia** od společnosti Intergraph
  - **MapPoint** od společnosti Microsoft
  - **Microstation** od společnosti Bentley
  - **MapInfo** od společnosti Pitney Bowes
- Open source software
  - **GRASS**
  - **MapServer**
  - **Quantum GIS**

Nejpoužívanějším komerčním softwarem je produkt ArcGIS vyvíjený společností ESRI. Nejpoužívanějším open source softwarem je pak systém GRASS.



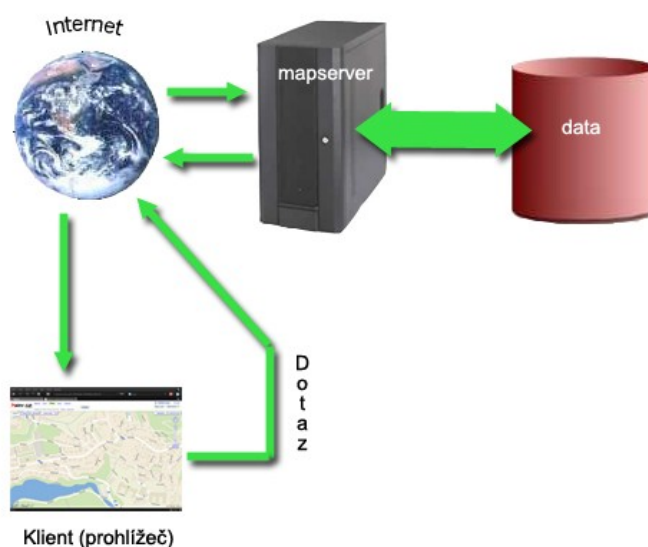
## 1.9 Mapové servery

Mapservery neboli mapové servery jsou ve své podstatě programy, pracující na principu klient-server, které na základě parametrů zadaných klientem zpracují geodata uložená na serveru a následně zobrazí výsledky klientovi v uživatelském rozhraní (www prohlížeč).

Mapservery lze rozdělit podle možností, s jakými jsou schopny zobrazit výsledky na základě dotazů klienta. Většina pracuje na rozhraní vytvořených pomocí některého z programovacích jazyků (PHP, Perl, Python). Díky těmto rozhraním je možné při práci s mapservery dosáhnout opravdu vysokého stupně variability při zobrazování výsledků.

*Dělení mapserverů:*

- dle vstupních parametrů zobrazí obrázek mapy
- dle vstupních parametrů a šablony zobrazí internetovou stránku s mapou (využití šablonování HTML pomocí CSS) => možnost práce s mapou (např. zvětšení měřítka, editace...)
- dle vstupních parametrů uloží výsledky do databáze



**Obr. 8** – Obecné schéma mapového serveru

*Mapservery ve světě a u nás:*

- komerční:
  - o **ArcIMS** od firmy ESRI
  - o **MapGuide** od firmy Autodesk
  - o **MapExtrem** od firmy MapInfo
  - o **GeoMedia Web Map** od firmy Intergraph
- open source:

- **MapServer**
- **GeoServer**
- **GoogleEarth** (v neplacené verzi jako mapserver klient)

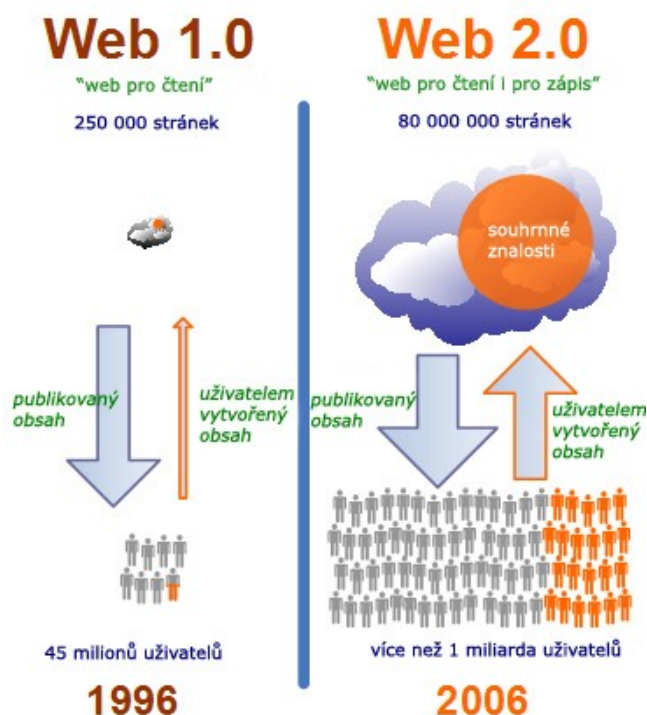
Webové mapové služby neboli WMS (web map service) umožňují sdílení dat mezi různými servery za předpokladu, že dodržují příslušné standardy. WMS umožňuje přenos dat pouze jako rastrového obrázku, tzn. že i vektorová data budou zkonvertována do rastrové podoby a poslána přes Internet. Naproti tomu WFS (web feature service) umožňuje i přenos vektorových dat ve formátu GML.

## **2 Webové technologie v geoinformatice**

### **2.1 Úvod do webových technologií**

V dnešní moderní době představuje Internet jeden z nejdůležitějších informačních zdrojů dostupných uživatelům. S nadsázkou lze říct, že se jedná o největší encyklopedii na světě. Pokud něco nenajdete na Internetu, je pravděpodobné, že se vám to nepodaří ani v knihovně. Vývoj v oblasti Internetu je tedy stejně důležitý jako třeba vývoj v oblasti např. automobilového průmyslu.

Podobným stylem, jakým se prezentuje modernizace technologií v oblasti geoinformatiky, dochází k progresivnímu vývoji i v oblasti webových technologií. Asi nejdůležitějším prvkem vývoje v oblasti webových technologií je odklon od statických webových aplikací k dynamickým. Aplikace se stávají interaktivní a umožňují uživateli např. editovat, komentovat, mazat, měnit různá nastavení jako např. vzhled a spoustu dalších věcí. Díky komunikaci mezi uživateli a tvůrci aplikací, lze velmi pružně reagovat a zdokonalit prvky aplikace tak, aby maximálně vycházeli vstříc uživateli a jeho potřebám. Tento vývoj lze označit jako přechod od technologie Web 1.0 k technologii Web 2.0.



**Obr. 9** – srovnání „Web 1.0“ a „Web 2.0“

Ačkoliv neexistují jednoznačné definice těchto pojmů, v zásadě je Web 1.0 statický a Web 2.0 je dynamický a umožňuje interakci uživatele s prostředím webu.

## 2.2 Dynamické a statické webové stránky a aplikace

Jak již bylo v minulé kapitole řečeno, v současnosti je většina webových stránek a aplikací dynamických, ale bohužel ne každý je schopen právě takovéto weby vytvořit, proto lze na Internetu stále nalézt i zastaralé statické weby. S jistotou lze však říci, že takovýchto webů ubývá a každým dnem přibývá těch dynamických.

### 2.2.1 Statické webové stránky a aplikace

Představují soubor jednotlivých a pomocí odkazů vzájemně propojených webových stránek. Obsah těchto stránek je pak v takovém stavu, v jakém ho jejich tvůrce nechal. Nevýhodou těchto stránek je pravidelná změna obsahu či rozšiřování celého webu. Vlastní data jsou vlastně obsažena pouze v samotných html souborech, proto je nutné pro změnu těchto dat alespoň základní znalost jazyka HTML a internetových technologií.

Statické weby mají dnes využití maximálně pro malé osobní weby a jsou spíše již pozůstatkem ze začátků tvorby na Internetu

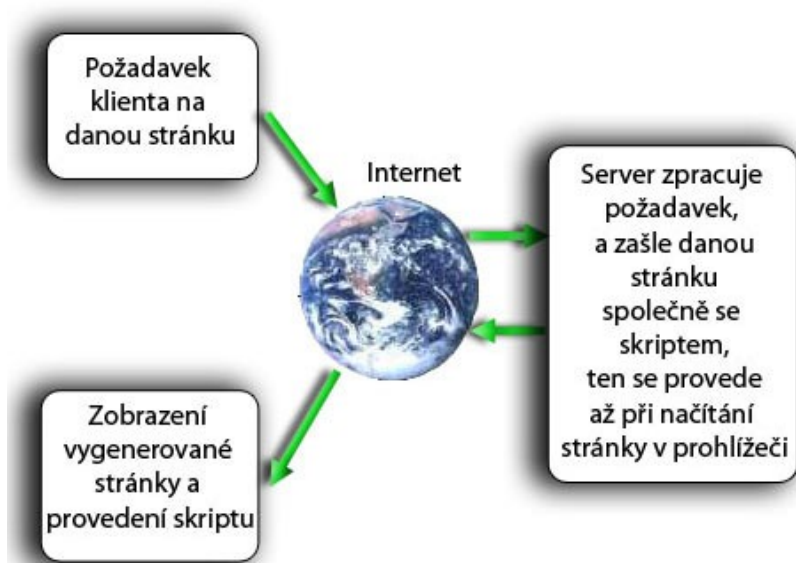
## 2.2.2 Dynamické webové stránky a aplikace

Dynamika webu může být dvojího typu. Prvním typem je dynamika na straně klienta, druhým typem pak dynamika na straně serveru.

### *Dynamika na straně klienta:*

Jedná se o statické stránky doplněné dynamickými prvky jako ActiveX nebo Java applety. Technologie ActiveX funguje na bázi komponent, které se spouštějí přímo v klientském prohlížeči. Jelikož tvůrcem této technologie je společnost Microsoft, funguje pouze na prohlížeči Microsoft Internet Explorer. Java applety jsou naproti tomu nezávislé na použitém prohlížeči, předpokladem je však instalace balíku Java Virtual Machine umožňující obsluhu těchto appletů.

Nevýhodou obou těchto technologií je možnost zneužití klientského počítače autory stránek. Po návštěvě takovýchto stránek se při spuštění appletu či prvků ActiveX do počítače nahraje škodlivý software (např. spyware). Proto zkušenější uživatelé tyto stránky nenavštěvují, případně manuálně zakáží spuštění jak appletů tak ActiveX.



**Obr. 10** – princip klientského skriptu (dynamika na straně klienta)

V poslední době však Java appletů a prvků ActiveX ubývá ve prospěch webových stránek typu DHTML (Dynamic Hypertext Markup Language). DHTML je spojením klasického jazyka HTML se skripty spuštěnými na straně klienta (JavaScript, VBScript), kaskádových stylů (CSS) a dalších technologií, které jsou společně propojeny objektovým modelem DOM (Document Object Model), schváleným konzorciem W3C (World Wide Web Consortium).

### *Dynamika na straně serveru:*

Dynamičnost stránek zde funguje na principu generování webových stránek na serveru na základě předchozího požadavku odeslaného z prohlížeče klienta. Vygenerované stránky jsou následně zaslány do prohlížeče klienta. Tento způsob umožňuje jednoduché přizpůsobení např. vzhledu, každý uživatel má jiný vkus, proto není nic jednoduššího než pomocí skriptů na straně serveru pro něj vygenerovat daný vzhled. Pro interakci mezi serverovým skriptem a klientem je nutné nějak k serveru přenést uživatelem zadané informace. Tyto parametry jsou často součástí adresy webové stránky, např. <http://www.moje.cz/stranka.php?jmeno=Vaclav&prijmeni=Sulc>.



**Obr. 11** – princip serverového skriptu (dynamika na straně klienta)

## **2.3 Programovací jazyky a technologie používané v geoinformaticce**

Aplikace v oblasti geoinformatiky podporují dnes již řadu programovacích jazyků nezávisle na provozovaných platformách (Linux, Windows, Mac OS X, Solaris...) Mezi nejpoužívanější programovací jazyky patří: PHP, Python, Perl, Ruby, Java, a C++ . Nejčastější funkcí těchto jazyků v oblasti geoinformatiky je tvorba skriptů pro usnadnění práce či zautomatizování některých činností, jež vede k urychlení práce.

### **2.3.1 HTML, XHTML a CSS**

HTML (HyperText Markup Language) je značkový jazyk určený pro tvorbu webových stránek. Zápis v tomto jazyce se skládá z tzv. tagů a vlastních popisovaných údajů (dat). Všechny tagy začínají znakem < a končí znakem >. Mezi těmito znaky se nachází název daného tagu a jeho parametry. Většina tagů je párových, tozn. že musí být ukončeny tagem stejného typu. Nepárové tagy jsou ukončeny znakem /.

Jazyk HTML byl vytvořen roku 1990 a od té doby prošel mnohými změnami a vylepšeními. Z jazyka HTML pak vychází jazyk XHTML (eXtensible HyperText Markup Language). Je téměř totožný s jazykem HTML, ale je více důsledný co se týče syntaktických chyb. V dnešní době je XHTML standardem pro tvorbu webových stránek.

CSS (Cascade Style Sheets) neboli kaskádové styly neboli šablony jsou užitečnou pomůckou při tvorbě webových stránek. Umožňují definovat jednotlivé styly např. pro tabulky, formuláře, pozadí, tlačítka aj., a tím měnit jejich vlastnosti jako např. barvu, velikost, pozici aj. Každý styl je nutné pojmenovat. Definice CSS stylů se nejčastěji používá v podobě externího souboru, na který se odkáže z html souboru. Změnou vlastností stylů lze dosáhnout přizpůsobení vzhledu stránek.

### 2.3.2 Python

Python je interpretovaný, objektově orientovaný programovací jazyk. Vyvinut byl v roce 1990 a je vyvíjen jako open source projekt. Podporuje většinu běžných platform (Linux, Windows, Mac OS X). Ačkoliv je nejčastěji používán jako skriptovací jazyk, umožňuje i tvorbu plnohodnotných aplikací včetně grafického uživatelského rozhraní.

*Výhody:*

- jednoduchost => vhodné pro začátečníky
- rychlost psaní programů => velká produktivita
- výkon aplikací (3-5 krát rychlejší než PHP)

*Nevýhody:*

- nižší rychlost oproti kompilovaným jazykům (interpretovaný jazyk je překládán až za běhu)

Python má řadu frameworků. Frameworky jsou nadstavby, které obsahují různé knihovny a nástroje, které mají zjednodušit práci a tím i zefektivnit tvorbu webových aplikací. Nejznámější frameworky pro Python jsou Django a TurboWorks.

Zajímavostí je, že NASA používá Python pro uživatelské rozhraní systému řídicího letu raketoplánů. Pro webové aplikace je například hlavním programovacím jazykem služeb Seznam.cz.

### 2.3.3 Perl

Stejně jako Python je i Perl interpretovaný programovací jazyk. Perl je možné požívat na většině operačních systémů (Linux, Unix, MS Windows). Umožňuje jak procedurální tak objektově orientované programování. Podporuje mnoho databázových systémů (PostgreSQL, Oracle, Sybase, MySQL). Nejčastěji je používán pro tvorbu CGI skriptů.

*Výhody:*

- efektivita programování
- stabilita
- spousta dostupných modulů

*Nevýhody:*

- velká spotřeba paměti
- nevhodný pro výuku

### 2.3.4 PHP

PHP neboli PHP: Hypertext Preprocessor, je serverový skriptovací programovací jazyk, určený především pro programování dynamických internetových stránek. Nejčastěji se používá společně s jazyky HTML nebo XHTML. Při tvorbě webových aplikací je PHP často používáno ve spojení s databázovým systémem MySQL a webovým serverem Apache. Jelikož jazyk PHP vychází z jazyků C (C++) je i jeho syntax těmto jazykům velmi blízká. PHP je stále nejrozšířenějším programovacím jazykem pro tvorbu dynamických stránek, což se však v blízké budoucnosti může změnit, protože obliba Pythonu má stoupající tendenci.

*Výhody:*

- relativně jednoduché
- jednoduchá integrace s databázovými systémy
- open source (na rozdíl od jazyku ASP)
- multiplatformní (Windows, Linux...)
- velká podpora u webhostingů
- rozsáhlá podpora komunity

*Nevýhody:*

- nedokáže dynamicky reagovat na událost způsobenou klientem (např. pohyb kurzoru myši.)
- nedokonalá podpora objektově orientovaného programování

### 2.3.5 ASP

ASP neboli Active Server Pages jsou dnes velmi rozšířeným a výkonným nástrojem na tvorbu dynamických internetových stránek. Na rozdíl od PHP samotné ASP není programovacím jazykem nýbrž technologií umožňující použít téměř jakýkoliv skriptovací jazyk. Nejčastěji se využívá VBScript (Visual Basic Script) a JScript (což je implementace JavaScriptu od Microsoftu).

*Výhody:*

- jednoduché
- rychlé provádění skriptů na serveru
- bezpečnost (kód ASP není viditelný v prohlížeči)
- integrace s databázovými systémy
- minimalizuje provoz na síti

*Nevýhody:*

- není zdarma (výrobce Microsoft)
- strukturované programování

Z technologie ASP vychází její modernější nástupce, technologie ASP.NET. Na rozdíl od klasického ASP je tato technologie již plně objektová. Technologie .NET pochází taktéž od firmy Microsoft a je souborem technologií použitelných pro programování aplikací jak na webu, tak v prostředí Windows nebo Pocket PC. Základem této technologie je platforma Microsoft .NET Framework, ta obsahuje prostředí potřebné pro běh aplikací a nabízející jak spouštěcí rozhraní, tak potřebné knihovny.

### 2.3.6 Ruby

Ruby je interpretovaný skriptovací jazyk s poměrně jednoduchou syntaxí, přesto je však i dostatečně výkonný a tím konkuruje svým známějším kolegům Perlu a Pythonu. Na rozdíl od těchto programovacích jazyků je však plně objektový.



Syntax je velmi podobná jazyku C++, což značně ulehčuje přechod z prostředí C++ nebo Perl. Jelikož je Ruby interpretovaný, odpadá proces kompilace a program je překládán až za běhu.

*Výhody:*

- interpretovaný jazyk (odpadá proces kompilace, změny ve zdrojovém kódu jsou ihned vidět)
- plná podpora objektově orientovaného programování s možností psát i klasické strukturované programy
- přenositelnost zdrojového kódu mezi platformami
- jednoduchá a snadno naučitelná syntax
- možnost psát GUI nebo webové aplikace

*Nevýhody:*

- nižší rychlost oproti kompilovaným jazykům (závislost na interpretu)
- nedostatek české dokumentace
- méně rozšířený jazyk oproti Perlu nebo Python

Podobně jako u jazyka Python je na jazyku Ruby založeno několik frameworků. Nejznámějším je framework Ruby on Rails. Ruby on Rails pracují na principu architektury Model-View-Controller neboli MVC. Model slouží k práci s databázemi, controller zpracovává požadavky od uživatele a podle nich pracuje s modely. View ovládá výstupní zobrazení, tak jak bude prezentováno uživateli.

### **2.3.7 Java**

Java je objektově orientovaný programovací jazyk vytvořený firmou Sun Microsystems v roce 1995. Vychází z jazyka C++ a syntax Javy je velmi podobná právě jazyku C++. Obdobně jako u předchozích jazyků, je i Java nezávislá na platformě. Navíc existuje i Java pro mobilní zařízení, takže není problém napsat aplikaci a následně ji využívat např. na mobilním telefonu. Protože je Java interpretovaným jazykem mají aplikace pomalejší start, ale zároveň tím odpadá nutnost kompilace před startem aplikace. Java je hned po PHP nejrozšířenějším jazykem používaným při tvorbě webových aplikací.

*Výhody:*

- objektově orientované programování
- multiplatformní (Windows, Linux...)
- jednoduchá syntax
- multiplatformní (Windows, Linux...)
- vysoký výkon
- bezpečnost

*Nevýhody:*

- hardwarová náročnost
- relativně pomalý běh aplikací
- umožňuje přístup klienta ke skriptům na serveru

### **2.3.8 JavaScript**

JavaScript je skriptovací jazyk jehož kód se vkládá přímo do html stránek. Kód JavaScriptu se spouští až na straně klienta potom, co mu je stránka zaslána ze serveru. Jeho hlavní využití spočívá v tvorbě interaktivních ovládacích prvků, animací, či různých efektů obrázků.

*Výhody:*

- dynamika stránek na straně klienta
- vysoká interaktivita JavaScriptů
- podpora u prohlížečů (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Safari, Opera aj.)

*Nevýhody:*

- možnost zneužití autory skriptů
- možnost přetečení bufferu prohlížeče (díky tomu že JavaScript může nastavovat různé vlastnosti prohlížeče)

### **2.3.9 AJAX**

AJAX je zkratkou pro Asynchronous JavaScript and XML. Z názvu je zřejmé, že jde o vzájemné použití jak Javascriptu tak i značkovacího jazyka XML, tedy technologií pro interaktivní vývoj webových aplikací. Obvyklé internetové stránky na bázi HTML se při každé akci obnovují jako celek. Díky Ajaxu lze však docílit toho, že se aktualizuje pouze námi žádaná část stránky či aplikace.

*Výhody:*

- není nutné reloadování celé stránky
- snížení zátěže na webový server

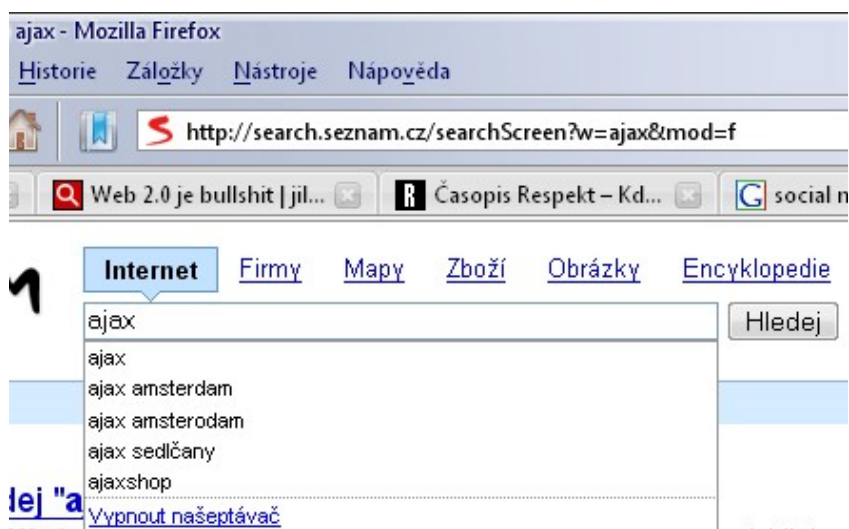
*Nevýhody:*

- odlišná vnitřní logika (např. absence funkce zpět)
- delší odezva při zpracování uživatelského požadavku
- složitější optimalizace pro vyhledávače

Hlavní výhodou tedy je odstranění nutnosti reloadování celé stránky při každé operaci, které jsou nutné u klasického modelu www stránek. Pokud například uživatel klikne na tlačítko pro udělení hlasu v nějaké anketě, celá stránka se musí znovu načíst ze serveru, třebaže se na ní jen například aktualizují výsledky hlasování a veškerý zbytek obsahu zůstává stejný. Díky Ajaxu ale proběhne odeslání hlasu uživatele na pozadí, server zašle jen ty části stránky, které se změnily, a právě ony se uživateli na stránce aktualizují. Uživatel si tak může vychutnat pocit mnohem větší plynulosti práce, která se blíží běžným desktopovým aplikacím.

Největší nevýhodou je bezpochyby síťová latence. V případě, že uživatel nevidí zřetelně, jak je jeho požadavek zpracován, může se pokoušet o opakování operace, z čehož vyplývá zbytečné zatížení webového serveru. Tento nedostatek může být však odstraněn pomocí tzv. preloadingu dat, což znamená že v průběhu načítání stránky jsou uživateli zobrazována data postupně.

Mezi nejznámější servery využívající technologie Ajax patří Amazon (www.amazon.com), Seznam (www.seznam.cz) a Google Maps (maps.google.com).



**Obr. 12** – našeptávač na Seznamu

### **3 Geoinformatická úloha v praxi**

Protože problematika geoinformatiky je velmi rozsáhlá, možností pro praktickou část diplomové práce bylo mnoho. Nejvíce mě zaujala tematika mapových serverů a jejich možnosti využití. Široké spektrum jejich oblastí využití a to především v oblasti nekomerčních projektů mě inspirovala ke tvorbě jednoduché webové aplikace, která by předvedla možnosti mapových serverů a přiblížila tak tuto problematiku i začínajícím tvůrcům webových aplikací, případně je inspirovala k tvorbě svých vlastních projektů.

#### **3.1 Úvod**

Jak již bylo v kapitole 1.9 řečeno, mapový server je vlastně jednodušším případem systému GIS. Mapový server nabízí oproti systému GIS jednodušší a intuitivnější ovládání, přičemž odpadá nutnost nainstalovat aplikaci na pevný disk uživatele. Mapový server si totiž vystačí pouze s internetovým prohlížečem, který se pak stává „pracovním oknem aplikace“. Tato jednoduchost má jednu nevýhodu, mapový server totiž nemůže konkurovat robustnějším GIS aplikacím z hlediska funkčnosti. Proto jsou často mapové servery přizpůsobovány danému využití, lze říci, že tedy neobsahují zbytečné funkce, které by stejně nebyly uživatelem využívány.

#### **3.2 Přehled dostupných nekomerčních mapových serverů**

V kapitole 1.9 bylo zmíněno několik důležitých mapových serverů a to jak komerčních tak nekomerčních. Zde budou popsány pouze nekomerční produkty, které jsem zvažoval při výběru pro praktickou část diplomové práce.

##### **3.2.1 GeoServer**

GeoServer je založen na architektuře Java. Jádrem GeoServeru tvoří knihovny GeoTools. Samozřejmostí je podpora standardů WMS a WFS. Podporuje mnoho grafických formátů - PEG, PNG, SVG, KML/KMZ, GML, PDF, ESRI shapefiles.

### 3.2.2 MapGuide open source

MapGuide Open Source je projekt, za kterým stojí firma Autodesk. Z nekomerčního MapGuide open source vychází i jeho komerční verze MapGuide (aktuálně ve verzi 6.5). MapGuide open source je naprogramován v jazyku C++. Lze jej používat na operačních systémech Windows a Linux a umožňuje spolupráci s vývojovým prostředím PHP, Java a .NET. Podporuje standardy WMS a WFS, většinu grafických formátů a ESRI shapefiles. Díky tomu, že za tímto produktem stojí vývojáři z firmy Autodesk, lze používat i formáty z aplikace Autodesk AutoCAD.

### 3.2.3 UMN Mapserver

UMN Mapserver je nejznámější ze všech tří uvažovaných mapových serverů. Vyvinut byl původně na University of Minnesota (z toho zkratka UMN) ve spolupráci s NASA, která potřebovala způsob, jakým by mohla prezentovat na Internetu svoje satelitní snímky určené pro veřejnost. Oproti předchozím dvěma aplikacím je nezávislý na platformě (Linux, MacOS, Solaris, Windows) a dokáže spolupracovat s většinou vývojových prostředí (PHP, Perl, Java, Python, Ruby, C#). Podporuje samozřejmě standardy WMS a WFS, velké množství rastrových a vektorových formátů dat a ESRI shapefiles.

## 3.3 Volba vhodného mapového serveru

Prvním úkolem bylo vybrat vhodný produkt, který by splňoval požadované podmínky. Protože hlavním kritériem řešení bez nutných finančních nákladů, výběr se zredukoval na nekomerční produkty. Dalším, neméně důležitým kritériem při výběru, byla kvalitní podpora produktu (dokumentace, vývojový tým, feedback od uživatelů).

Po důkladném zkoumání a pečlivém zvažování byl vybrán produkt **UMN Mapserver**.

*Důvody pro výběr UMN MapServer:*

- nekomerční
- podpora mnoha datových formátů
- spolupráce s mnoha freewarovými vývojovými prostředími (PHP, Perl, Python, Ruby...)
- spolupráce s volně dostupným webovým serverem Apache
- kvalitní podpora
- nejvíce rozšířený a oblíbený
- flexibilita (možnost používat v mnoha prohlížečích)

## 3.4 Použité technologie

Volba vhodného mapového serveru jako základu pro vlastní aplikaci byla pouze začátkem na cestě k výběru všech dalších technologií, které jsou vyžadovány k běhu celé aplikace.

### 3.4.1 Webový server

#### Apache

Pro chod aplikace je kromě samotného mapserveru nutná přítomnost webového serveru, který se bude starat o vyřizování požadavků http od klienta (prohlížeč). Odpověď je zaslána zpět obvykle ve formě html dokumentu. Webový server pak komunikuje s mapovým serverem.

**Tab. 1** – Rozšíření webových serverů - duben 2008

Autor	Produkt	Hostované stránky	Procent
Apache	Apache	83 206 564	50,22%
Microsoft	IIS	58 540 275	35,33%
Google	GWS	10 075 991	6,08%
Oversee	Oversee	19 268 121	1,16%
lighttpd	lighttpd	1 495 308	0,90%
nginx	nginx	1 018 503	0,61%
ostatní		9 432 775	5,69%
<b>Celkem</b>		<b>165 696 228</b>	<b>100%</b>

Jak je z tabulky 1 vidět, nejpoužívanějším webovým serverem je server Apache. Jedná se o volně dostupný software s obrovskou komunitou a podporou od tvůrců webových stránek a aplikací. Z těchto důvodů byl zvolen právě server Apache.

### 3.4.2 Programovací jazyk

#### PHP

Zde jsem uvažoval nad použitím jazyka Ruby, se kterým jsem měl již zkušenosti. Bohužel jako jeho nevýhoda se projevila velmi dlouhá odezva při komunikaci aplikace se serverem Apache. Tato nevýhoda byla odstraněna použitím nativního webového serveru pro prostředí Ruby, WEBRick. Bohužel tento server je téměř nepodporován poskytovateli hostingu, proto byl s ohledem na případné umístění aplikace na Internetu vybrán jazyk PHP. Ten je zatím nejrozšířenějším programovacím jazykem pro tvorbu webových aplikací a se serverem Apache komunikuje bez nejmenších potíží. Podobně jako u serveru Apache je i zde podpora opravdu rozsáhlá.

### **3.4.3 Další webové technologie**

#### **HTML, CSS, JavaScript**

Nutnou technologií pro tvorbu aplikace založené na mapovém serveru je jazyk HTML, který při použití kaskádových stylů (CSS), umožňuje dosáhnout libovolného vzhledu. JavaScript zde plní funkci interaktivního prvku.

### **3.4.4 Prostředí pro tvorbu aplikace**

#### **PSPad**

Opět byl zvolen freeware, jehož autorem je český programátor Jan Fiala. Tento software již využívám několik let, proto nebyl důvod jej měnit. PSPad podporuje téměř všechny možné webové technologie (PHP, Python, JS, XML, HTML, XHTML aj.) a usnadňuje práci doplňováním příkazů či zvýrazňováním kódu.

### **3.4.5 GIS aplikace**

#### **Quantum GIS (QGIS)**

Tento GIS byl vybrán pro potřebu prohlížení a případných úprav geodat, která jsou použita v aplikaci. Quantum GIS neboli QGIS je oblíbená multiplatformní GIS aplikace, umožňující práci s mnoha datovými formáty včetně formátu ESRI Shapefile (SHP).

### **3.4.6 Další technologie**

#### **msCross**

MsCross je webový klient založený na technologii AJAX, který byl původně vyvíjen jako javascriptové rozhraní pro UMN MapServer. Umožňuje uživatelům dynamicky zobrazovat vrstvy s geodaty. Hlavním cílem je umožnit uživatelům jednoduše vytvářet funkční a zároveň vzhledné aplikace za použití pouze volně dostupného softwaru.

## **3.5 Realizace vlastní aplikace**

Protože veškeré podklady pro vlastní aplikaci byly vybrány v minulé kapitole, je možné začít s její realizací. V této kapitole budou popsány všechny kroky, které byly nutné absolvovat v cestě za funkční aplikací.

### 3.5.1 Cíle vlastní aplikace

1. dokázat, že využitím volně dostupného softwaru lze v některých případech nahradit komerční produkt
2. vytvořit jednoduchou aplikaci s funkcí mapového serveru, který bude obsahovat základní funkce pro prohlížení geodat (legenda, přepínání jednotlivých vrstev, měřítko, zoom)
3. použít informace z teoretické části diplomové práce jako obsah webových stránek, jejichž součástí je vlastní aplikace

### 3.5.2 Instalace

Instalace balíku UMN Mapserver se liší podle toho na jakém operačním systému má pracovat. V mém případě byla tedy zvolena varianta MS4W (zkratka pro Mapserver for Windows), z důvodu že aplikace měla běžet v prostředí MS Windows.

Balík MS4W je dostupný jako instalační balíček ve formátu exe nebo jej stačí pouze rozbalit z archivu zip.

Obsahuje tyto komponenty:

- Apache HTTP Server verze 2.2.8
- PHP verze 5.2.5
- MapServer CGI 5.0.2
- MapScript 5.0.2 (C#, Java, PHP, Python)
- podpora Oracle 10g
- podpora MrSID
- knihovny GDAL/OGR 1.5.0
- pomůcky pro MapServer
- pomůcky pro PROJ
- pomůcky pro Shapelib
- pomůcky pro Shp2tile
- pomůcky pro Shpdiff
- pomůcky pro AVCE00
- OGR/PHP rozšíření 1.0.0
- OWTChart 1.2.0
- DEMtools



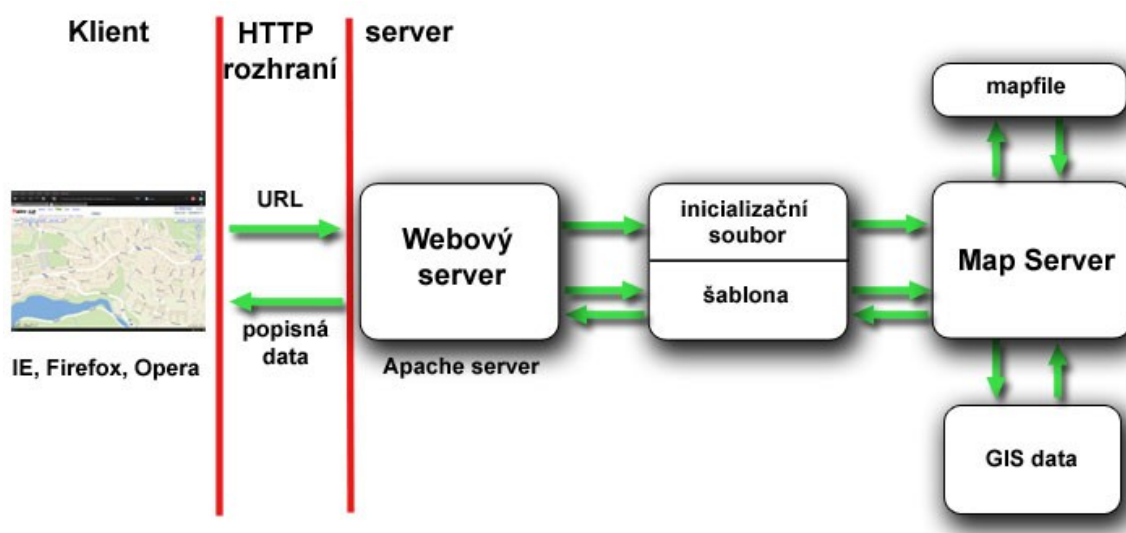
## konfigurace serveru Apache a PHP

Dalším krokem je nastavení konfiguračního souboru serveru Apache http.conf. Zde je nejdůležitější položkou nastavení cesty pro výchozí adresář, kde budou umístěna data aplikace. Déle je třeba nastavit konfigurační soubor pro PHP – php.ini.

### 3.5.3 Součásti Mapserveru

Mapserver je aplikace, která se skládá z těchto částí:

- webový server
- mapový server (program MapServer)
- inicializační soubor
- mapsoubor (mapfile)
- šablona
- GIS data



Obr. 13 – Schéma UMN Mapserveru

#### webový server

Webovým neboli http serverem může být jakýkoliv webový server, který podporuje spouštění CGI aplikací. V našem případě server Apache.

#### program Mapserver

Program Mapserver je aplikační server, který slouží k vybrání požadované části dat z geografické databáze. Sestavuje odpovědi na dotazy ze strany klienta, zpracovává geodata, generuje a předává sestavené mapy směrem k uživateli a u pokročilejších řešení provádí

analýzy. Tyto mapy předává přes webový server a většinou jsou v podobě rastrového obrázku (PNG, GIF, JPG)

### **inicializační soubor**

Tento soubor zobrazí aplikaci. Inicializační soubor užívá HTML formulář se skrytými parametry pro poslání počátečního dotazu HTTP serveru, který ho následně předá MapServeru.

### **mapsoubor (mapfile)**

Mapfile je základní konfigurační soubor MapServeru. Obsahuje nastavení všech prvků výstupu: vlastní mapy, legendy, měřítka, definované vrstvy, typ zobrazovaných dat aj.

### **šablona**

Poskytuje uživateli omezené, předem definované, množství operací, které může s aplikací provádět (zoom, pan, vyhledávání, přepínání vrstev, dotazy na prvky...). Dále definuje, jakým způsobem bude sestaven výstup z MapServeru v klientovi (prohlížeči).

### **GIS data**

Data se kterými bude mapový server pracovat. Můžou být uložena v různých formátech. Nejčastěji pak ve formátu SHP, GIFF, JPG aj.

### **knihovny GDAL/OGR**

Knihovna GDAL slouží k načítání vektorových a knihovna OGR k načítání rastrových dat v různých formátech. Obě tyto knihovny jsou vytvořeny jako open source, přesto jsou tak populární, že jich využívají i některé komerční produkty (např. MapTool).

### **MapScript**

MapScript je dynamicky nahratelný modul, který umožňuje k mnoha funkcím a třídám MapServeru přistupovat pomocí jazyka PHP (resp. Perl, Python...) a tak vytvářet složitější mapové aplikace.

### 3.5.4 Vytvoření map souboru (mapfile)

Map soubor je základním konfiguračním souborem MapServeru. Jsou zde zapsány informace týkající se způsobu zobrazení dat. Jsou zde definovány vlastnosti a styly vrstev, měřítka, legendy, použitého kartografického zobrazení aj.

```
MAP
  NAME moje
  SIZE 600 600
  EXTENT -689884 -1111123 -674347 -1091939
  UNITS METERS
  IMAGECOLOR 255 255 255
  IMAGETYPE PNG

  WEB
  ...
  END

  PROJECTION
  END

  REFERENCE
  ...
  END

  SCALEBAR
  ...
  END

  LEGEND
  ...
  END

  LAYER
  CLASS
  ...
  END
END

SYMBOL
...
END
END
```

**Př. 3** – Ukázka hlavní struktury mapfile

NAME	název mapfile
SIZE	velikost mapy v axelech
EXTENT	hraniční souřadnice mapy ( $x_{\min}$ $y_{\min}$ $x_{\max}$ $y_{\max}$ )
UNITS	používané jednotky
IMAGECOLOR	barva pozadí
IMAGETYPE	typ zobrazovaných dat

## WEB

Objekt typu web definuje parametry webového rozhraní.

```
WEB
    IMAGEPATH "C:/ms4w/Apache/htdocs/dp/temp"
    IMAGEURL "/dp/temp"
END
```

**Př. 4** – Příklad použití objektu WEB

IMAGEPATH	adresář, kam se budou ukládat generované obrázky
IMAGEURL	URL adresáře s obrázky

## PROJECTION

Objekt PROJECTION definuje použité kartografické zobrazení. Kartografické zobrazení lze zapsat více způsoby, nejpoužívanější je však zápis pomocí epsg. Epsg obsahuje tabulku souřadnicových systému. Každému je přiřazeno jedinečný identifikátor v podobě čísla.

```
PROJECTION
    "init=epsg:2065"
END
```

**Př. 5** – Příklad použití objektu PROJECTION u Křovákova zobrazení

## REFERENCE

Nastavuje zobrazení referenční mapy.

```
REFERENCE
    IMAGE 'C:/ms4w/Apache/htdocs/dp/refmap.png'
    SIZE 150 150
    EXTENT -689884 -1111123 -674347 -1091939
    STATUS ON
    MINBOXSIZE 0
    MAXBOXSIZE 150
    COLOR 10 10 10
    MARKERSIZE 8
    MARKER 'cross'
END
```

**Př. 6** – Příklad použití objektu REFERENCE

IMAGE	cesta k obrázku s referenční mapkou
SIZE	velikost referenční mapky v pixelech
EXTENT	souřadnice krajních bodů generovaného obrázku musí odpovídat hodnotám extent z objektu map
MINBOXSIZE	minimální velikost boxu
MAXBOXSIZE	maximální velikost boxu
MARKER	symbol, kterým bude box nahrazen při zmenšení pod velikost MINBOXSIZE
MARKERSIZE	velikost použitého symbolu

## SCALEBAR

Nastavení zobrazovaného měřítka. Měřítka se generuje automaticky. My mu nastavujeme pouze vzhled.

### SCALEBAR

```

IMAGECOLOR 255 255 255
BACKGROUNDCOLOR 210 210 210
LABEL
  COLOR 0 0 0
  SIZE TINY
END
STYLE 1
SIZE 150 2
COLOR 0 0 0
INTERVALS 3
UNITS kilometers
POSITION lr
TRANSPARENT FALSE
STATUS EMBED
END

```

**Př. 7** – Příklad použití objektu SCALEBAR

INTERVALS	počet úseků měřítka
STYLE	styl měřítka
POSITION	umístění měřítka

## LEGEND

Nastavení zobrazené legendy. Legenda se generuje automaticky podle aktuálně zobrazených vrstev.

```
LEGEND
  STATUS ON
  KEYSIZE 12 12
  LABEL
    TYPE BITMAP
    SIZE MEDIUM
    COLOR 0 0 89
  END
END
```

**Př. 8** – Příklad použití objektu LEGEND

## LAYER a CLASS

Nastavení zobrazené vrstvy. Definované vrstvy se zobrazují ve výsledku v opačném pořadí. Vrstva, která je v mapfile jako poslední se zobrazí úplně navrchu.

```
LAYER
  NAME hranice_dat
  DATA hranice_dat
  TYPE polygon
  STATUS OFF
  CLASS
    NAME 'Hranice dat'
    STYLE
      COLOR 44 168 126
    END
  END
END
```

**Př. 9** – Příklad použití objektu LAYER a CLASS

TYPE	typ zobrazovaných dat
------	-----------------------

### 3.5.5 Tvorba PHP souboru

PHP soubor obsahuje kód PHP/MapScriptu, který je pak následně volán ze souboru šablony (html). Pomocí kódu PHP/MapScript je pracováno s geografickými daty. Načtení ze souboru, následné zobrazení, práce s vrstvami a další funkce jako zoom, legenda a měřítko.

```
dl("php_mapscript.dll")
```

načtení potřebné knihovny pro komunikaci php a Map Serveru

```
$map = ms_newMapObj("dp.map")
```

vytvoří proměnnou \$map do které vykreslí obrázek nadefinovaný v souboru dp.map

```
$size = explode(" ", $_GET['mapsize'])
```

načte do proměnné velikost mapy z mapfilu

```
$map->setSize($size[0], $size[1])
```

nastaví velikost, kterou získal z mapfilu

```
$extent = explode(" ", $_GET['mapext'])
```

načte do proměnné hodnoty parametru mapext (souřadnice)

```
$map->setExtent($extent[0], $extent[1], $extent[2], $extent[3])
```

nastaví získané souřadnice

```
$layerslist=$_GET['layers']
```

získá informace o vrstvách z mapfilu

```
$image=$map->draw()
```

nakreslí mapu

```
$imagename=$image->saveWebImage()
```

uloží nakreslenou mapu na disk a název obrázků uloží do proměnné

```
$image = ImageCreateFromPng("C:/ms4w/apache/htdocs/".$imagename)
```

do proměnné načte uložený obrázek z disku

```
imagePng($image)
```

vrátí obrázek prohlížeči

### 3.5.6 Tvorba šablony (inicializační stránky)

Nejdůležitějším posláním inicializační stránky je propojení se souborem php, kde je zapsán kód pro základní práci s MapServerem a s nadstavbou msCrossu v podobě propojení s JavaScriptem pracujícím na technologii AJAX.

Inicializační stránka musí obsahovat prvky, které budou využity pro interaktivitu aplikace. Zvoleny byly prvky formuláře input.

Princip je následující, pokud je zaregistrována činnost uživatele s formulářovými prvky, je zavolána příslušná funkce z JavaScriptu, která aby mohla ihned reagovat na změnu, naváže spojení se souborem php, který následně komunikuje s MapServerem (načte konfiguraci z mapfilu).

### 3.5.7 Popis aplikace

Protože problematika geoinformatiky je velice zajímavá, pojal jsem praktickou část jako možnost spojit získané informace z rešerše s praktickou ukázkou jednoduchého mapového serveru. Tak vzniknul následující informační portál.



Obr. 14 – Úvodní stránka informačního portálu



Veškeré webové stránky jsou dynamické díky jazyku PHP. Grafické rozhraní je doladěno díky použití kaskádových stylů (CSS). Stránky jsou optimalizovány pro prohlížeče Firefox, Opera a Internet Explorer.

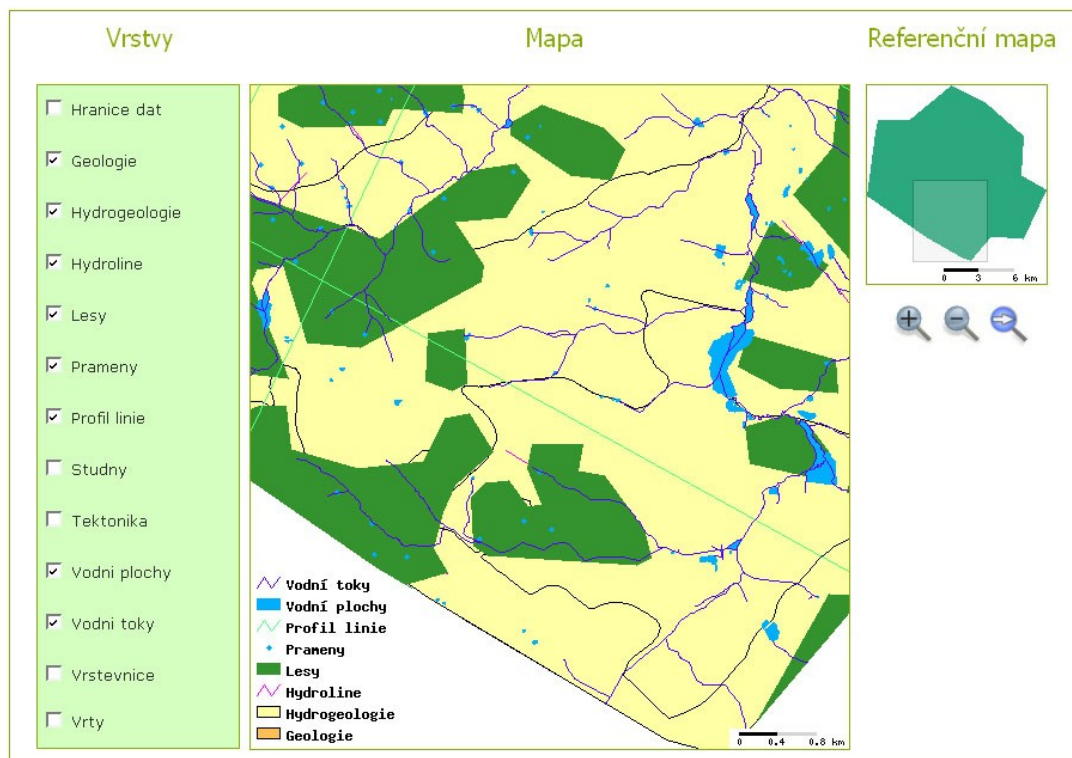
## Vlastní aplikace

Vlastní aplikace je rozdělena do tří částí. V levé části je seznam dostupných vrstev. Mezi těmito vrstvami lze libovolně přepínat. Díky technologii AJAX je změna patrná téměř hned po kliknutí na danou vrstvu.

Hlavní část aplikace tvoří prostřední část, kde se nachází okno se zobrazovanou mapou. Za použití myši se lze v této mapě pohybovat metodou drag and drop (táhní a pustí). Opět je díky technologii AJAX výsledek zobrazení pohybu po mapě téměř okamžitý. Součástí mapového okna je i legenda, která se zobrazuje podle aktuálně vybraných vrstev a měřítko, které se automaticky přepočítává pokud mapu přibližujeme či oddalujeme.

V pravé části se nachází okno pro referenční mapu se zobrazením aktuálního výřezu. Pod referenční mapu jsou umístěny tři nástroje pro práci s mapou, umožňující mapu přibližovat či oddalovat a nebo se vrátit do výchozího stavu.

### Aplikace



Obr. 15 – Okno vlastní aplikace

## Závěr

Tato práce se zabývá problematikou geoinformatiky, zejména pak možnostmi vizualizace geodat a jejich prezentaci na Internetu. Aby bylo možné k této problematice odborně přistoupit, bylo nutné se seznámit s dostupnými způsoby vizualizace geodat. K tomuto účelu slouží dva typy aplikací, mapové servery a geografické informační systémy. Oba typy aplikací umožňují vizualizaci rozličných formátů geodat, liší se však v robustnosti a množstvím nabízených funkcí. Robustnější geografické informační systémy jsou určeny převážně odborněji vzdělané skupině lidí, méně rozsáhlé mapové servery najdou využití naopak u široké veřejnosti.

Možnosti prezentace geodat na Internetu jsou obrovské. Existuje mnoho technologií s jejichž použitím lze dosáhnout mnoha rozdílných způsobů prezentace. Nelze však říci, která technologie je nejlepší. Záleží na konkrétním případě použití, či na vkusu programátora.

Po podrobném prostudování dostupných informací bylo nutné zvolit kritéria pro vytvoření vlastní aplikace, která by demonstrovala možnosti vizualizace geodat a jejich prezentaci na Internetu. Hlavním kritériem pro tvorbu této aplikace bylo použití nekomerčních produktů, při zachování hlavních funkcí, které nabízejí produkty komerční. Na základě tohoto kritéria byl po pečlivém zvažování vybrán mapový server UMN MapServer, který zároveň umožňuje spolupráci s dalšími nekomerčními produkty. Jeho největší výhodou je podpora většiny datových formátů a kvalitní uživatelské zázemí. Pro správnou funkci mapového serveru je nutná komunikace s webovým serverem, který vyřizuje požadavky klienta a komunikuje s mapovým serverem. Zde byl vybrán server Apache, který je dnes nejpoužívanějším webovým serverem. Jako prostředky pro komunikaci s webovým a mapovým serverem byly vybrány tyto technologie. Značkovací jazyk HTML pro tvorbu uživatelského rozhraní, technologie kaskádových stylů (CSS) pro doladění vzhledu, skriptovací jazyk PHP pro komunikaci mezi mapovým a webovým serverem, JavaScript a AJAX jako prostředek pro práci s dynamicky zobrazovanými vrstvami geodat.

Cílem práce bylo vytvořit aplikaci s funkcemi mapového serveru za použití bezplatných technologií. Tento cíl jsem splnil vytvořením aplikace, a dokázal tak že i bezplatné technologie nabízejí v rámci možností funkce, za které by bylo jinak nutné draze zaplatit. Aplikace umožňuje načtená geodata dynamicky zobrazovat v podobě výběru libovolných vrstev mapy. Takto zobrazené vrstvy mapy lze pak přibližovat či oddalovat, případně je vrátit do výchozího stavu. Pro snadnou orientaci je přidána referenční mapka, která zobrazuje aktuální výřez mapy. Samozřejmostí je zobrazení měřítka a legendy, které se dynamicky mění v závislosti na zobrazených vrstvách, či při přibližování nebo oddalování mapy. Navíc jsem využil získaných informací z teorie a použil jich k tvorbě informačního portálu, jehož součástí je i výše zmíněná

aplikace. Jedinou nevýhodou bezplatného řešení je absence bezplatných hostingů s podporou UMN MapServeru. Existují však i levná řešení v podobě placených hostingů. Oproti cenám softwaru je však tato položka zanedbatelná.

Aplikaci je možné rozšířit některými dalšími funkcemi, které však nebyli z časových důvodů implementovány. Zmínil bych se zejména o možnosti zoomu pomocí výběru metodou táhni a pusť (drag and drop) nebo zobrazení aktuálních souřadnic podle kurzoru myši.

Tuto nebo podobné aplikace by bylo vhodné používat např. pro prezentaci geodat malých měst či vsí, které nemají dostatek finančních prostředků na komerční řešení.

## Zdroje informací:

- [1] <http://www.abclinuxu.cz/clanky/show/39588>
- [2] <http://www.abclinuxu.cz/clanky/show/40464>
- [3] <http://www.root.cz/serialy/geograficky-informacny-system-grass/>
- [4] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Geografick%C3%BD\\_informa%C4%8Dn%C3%AD\\_syst%C3%A9m](http://cs.wikipedia.org/wiki/Geografick%C3%BD_informa%C4%8Dn%C3%AD_syst%C3%A9m)
- [5] <http://www.arcdata.cz>
- [6] [http://erg.usgs.gov/isb/pubs/gis\\_poster/](http://erg.usgs.gov/isb/pubs/gis_poster/)
- [7] <http://www.geo.ed.ac.uk/home/giswww.html>
- [8] [http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic\\_information\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system)
- [9] <http://en.wikipedia.org/wiki/GRASS>
- [10] [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_GIS\\_software](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_GIS_software)
- [11] [http://www.tmapy.cz/public/tmapy/cz/\\_aktualne/\\_clanky/o\\_gisu.html](http://www.tmapy.cz/public/tmapy/cz/_aktualne/_clanky/o_gisu.html)
- [12] [http://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_Map\\_Server](http://en.wikipedia.org/wiki/Web_Map_Server)
- [13] <http://www.root.cz/clanky/mapovy-server-snadno-a-rychle-1/>
- [14] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Web\\_map\\_service](http://cs.wikipedia.org/wiki/Web_map_service)
- [15] <http://en.wikipedia.org/wiki/VRML>
- [16] [http://www.directionsmag.com/features.php?feature\\_id=36](http://www.directionsmag.com/features.php?feature_id=36)
- [17] <http://www.w3.org/Mobile/posdep/GMLIntroduction.html>
- [18] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Perl>
- [19] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Python>
- [20] <http://www.neo.cz/~tomas/java.net/2006/05/pro-web-aplikaci-je-lep-java-nebo-net.html>
- [21] [http://datacrossing.crs4.it/en\\_Documentation\\_mscross.html](http://datacrossing.crs4.it/en_Documentation_mscross.html)
- [22] <http://www.root.cz/clanky/vektorove-graficke-formaty-a-metaformaty/>
- [23] <http://www.zive.cz/default.aspx?article=115776>
- [24] [http://www.linuxsoft.cz/article.php?id\\_article=171](http://www.linuxsoft.cz/article.php?id_article=171)
- [24] <http://www.owebu.cz/skripty/vypis.php?clanek=1277>
- [25] [http://www.webtip.cz/art/wt\\_tech\\_asp/serial\\_asp\\_1.html](http://www.webtip.cz/art/wt_tech_asp/serial_asp_1.html)
- [26] <http://cs.wikipedia.org/wiki/.NET>
- [27] [http://www.mediacentrik.cz/cz/slovník/art\\_145/dynamicke-webove-stranky.aspx](http://www.mediacentrik.cz/cz/slovník/art_145/dynamicke-webove-stranky.aspx)
- [28] <http://www.pcsvet.cz/art/article.php?id=2434>
- [29] [http://en.wikipedia.org/wiki/Ajax\\_\(programming\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Ajax_(programming))
- [30] <http://mapserver.gis.umn.edu/>
- [31] <http://geoserver.org>
- [32] <http://mapguide.osgeo.org/>
- [33] <http://cs.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>